

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-9367

(P2002-9367A)

(43)公開日 平成14年1月11日(2002.1.11)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 01 L 43/08  
G 11 B 5/39  
G 11 C 11/15  
H 01 F 10/30

識別記号

F I  
H 01 L 43/08  
G 11 B 5/39  
G 11 C 11/15  
H 01 F 10/30

テーマコード\*(参考)  
Z 5 D 0 3 4  
5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願2000-186857(P2000-186857)

(22)出願日 平成12年6月21日(2000.6.21)

(71)出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(72)発明者 関口 芳信  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内  
(72)発明者 藤原 良治  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内  
(74)代理人 100088328  
弁理士 金田 幡之 (外2名)

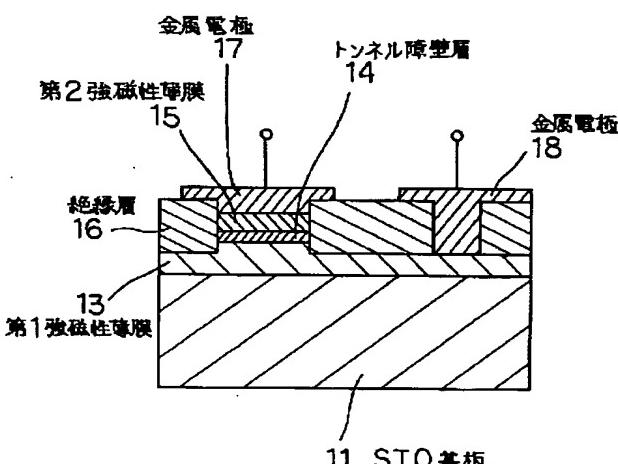
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強磁性トンネル効果素子及び該強磁性トンネル効果素子を用いた磁気メモリ

(57)【要約】

【課題】 強磁性体層にペロブスカイト酸化物磁性体を用いても室温付近で動作可能とする。

【解決手段】 STO基板11上には、第1強磁性薄膜13、トンネル障壁層14及び第2強磁性薄膜15が、この順に積層されている。トンネル障壁層14は、非晶質SiO<sub>2</sub>で構成される。第1強磁性薄膜13及び第2強磁性薄膜15はペロブスカイト酸化粒磁性体で構成されるが、特に第2強磁性薄膜15は、1軸方向にのみ配向した多結晶のペロブスカイト酸化物磁性体で構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】トンネル障壁層を介して2つの強磁性体層を対向させた積層構造を有し、前記トンネル障壁層を介して流れるトンネル電流が前記2つの強磁性体層の相対的な磁化の向きに依存して変化する強磁性トンネル効果素子において、前記トンネル障壁層が、非晶質材料、多結晶材料、またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶材料で構成され、

前記2つの強磁性体層の少なくとも一方が、1軸方向にのみ配向したペロブスカイト酸化物磁性体で構成されていることを特徴とする強磁性トンネル効果素子。

【請求項2】前記トンネル障壁層が、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、または窒化ホウ素で形成されている、請求項1に記載の強磁性トンネル効果素子。

【請求項3】前記積層構造が、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、または窒化ホウ素からなる、非晶質基体、多結晶基体、またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶基体上に形成されている、請求項2に記載の強磁性トンネル効果素子。

【請求項4】前記基体が、半導体基板、またはガラス基板上に形成されている、請求項3に記載の強磁性トンネル効果素子。

【請求項5】複数の行方向配線と複数の列方向配線とからなるマトリックス配線と、それぞれ、請求項1ないし4のいずれか1項に記載の強磁性トンネル効果素子を含み、かつ前記マトリックス配線の中の1本の行方向配線及び列方向配線と電気的に接続された複数のメモリセルとを有する磁気メモリ。

$$MR = (R_{ap} - R_p) / R_p = 2 P_1 P_2 / (1 - P_1 P_2) \quad \cdots (1)$$

ここで、 $R_{ap}$ は反平行時の抵抗、 $R_p$ は平行時の抵抗、 $P_1$ は一方の強磁性体層のスピンドル率、 $P_2$ は他方の強磁性体層のスピンドル率をそれぞれ示す。

【0004】強磁性体層に用いられる強磁性材料として、Fe, Co, Ni等の強磁性金属やそれらの合金が使用されてきたが、最近、これらの強磁性金属に代わって、ペロブスカイト酸化物磁性体を用いた強磁性トンネル効果素子が提案されている（特開平10-12945号公報）。ペロブスカイト酸化物磁性体はスピンドル率がほぼ100%であるため、上記式（1）の抵抗変化率MRのスピンドル率依存性より、磁化反転に伴う抵抗変化率を大幅に増大することができる。

【0005】ところが、このようなペロブスカイト酸化物磁性体がFe, Co, Ni等の強磁性金属と同程度の弱い外部磁場によって磁化方向が反転するためには、ペロブスカイト酸化物磁性体の磁化軸が揃っている一様な配向膜が必要である。このような一様な配向膜は、同様にペロブスカイト構造を有する、STO, LAO, また

【請求項6】前記メモリセルは、それぞれ前記強磁性トンネル効果素子に対応するスイッチング素子を有する、請求項5に記載の磁気メモリ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高記録密度磁気記録再生装置の磁気ヘッドや磁気センサなどに用いられる強磁性トンネル効果素子、及びこの強磁性トンネル効果素子を用いた磁気メモリに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、磁気抵抗効果素子が、磁気センサや磁気記録装置の磁気ヘッドなどに用いられつつあるが、その中でも特に、抵抗変化率が大きいものとして、強磁性トンネル効果素子が知られている（例えば、特開平6-244477号公報、特開平8-708148号公報）。強磁性トンネル効果素子は、Fe, Co, Ni等からなる2つの強磁性体層を $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等の極めて薄い絶縁層（トンネル障壁層ともいう）で挟んだ構造を有し、絶縁層を介して強磁性体層間に流れるトンネル電流の大きさが、強磁性体層の磁化の向き（スピンドル）に依存して変化するものである。すなわち、2つの強磁性体層の磁化の向きが同一方向（以下、単に「平行」ともいう）の場合には比較的大きな電流が流れ、両者の磁化の向きが、平行であるが向きが反対（以下、単に「反平行」ともいう）の場合には、比較的小さな電流が流れることになる。

【0003】このような強磁性トンネル効果素子の磁化反転に伴う抵抗変化率MRは、一般的に、強磁性体層のスピンドル率を用いて以下の式（1）で表すことができる。

30

は $\text{MgO}$ などの酸化物基板上にエピタキシャル成長した単結晶薄膜により得られる。従って、強磁性トンネル効果素子を構成する2層のペロブスカイト酸化物磁性層を、このような一様な配向膜とするためには、ペロブスカイト酸化物磁性層に挟まれる絶縁層も、同じペロブスカイト構造を有する酸化物であることが必要であり、このことから、上記の特開平10-12945号公報では、 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ をペロブスカイト酸化物磁性層とし、STO単結晶膜を絶縁層としたものが開示されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、STO単結晶膜をトンネル障壁層とし、これを2層の $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の単結晶膜で挟んだ構成では、室温付近で磁気抵抗の変化が得られないため、この強磁性トンネル効果素子を室温付近で動作させることは不可能であった。強磁性トンネル効果素子が利用される磁気ヘッドや磁気センサは、室温付近で使用されることが多いため、

50

室温付近で動作できないということは、磁気ヘッドや磁気センサへの利用に当たって大きな障害となる。

【0007】そこで本発明は、強磁性体層にペロブスカイト酸化物磁性体を用いても室温付近で動作可能な強磁性トンネル効果素子、及びこの強磁性トンネル効果素子を用いた磁気メモリを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明の強磁性トンネル効果素子は、トンネル障壁層を介して2つの強磁性体層を対向させた積層構造を有し、前記トンネル障壁層を介して流れるトンネル電流が前記2つの強磁性体層の相対的な磁化の向きに依存して変化する強磁性トンネル効果素子において、前記トンネル障壁層が、非晶質材料、多結晶材料、またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶材料で構成され、前記2つの強磁性体層の少なくとも一方が、1軸方向にのみ配向したペロブスカイト酸化物磁性体で構成されていることを特徴とする。

【0009】STO、LAO等のペロブスカイト結晶基板上にエピタキシャル成長させた単結晶ペロブスカイト酸化物磁性体は、実用的な小さな保磁力、及びその保磁力以上の外部磁場により磁化方向が急峻に揃う磁化特性、つまり矩形のヒステリシス曲線特性となり、強磁性トンネル効果素子を構成する強磁性体として望ましい特性を有する。一方、SiO<sub>2</sub>等の非晶質基板上に形成されたペロブスカイト酸化物磁性体は、多結晶膜であり、この多結晶膜を構成する各結晶粒の配向方向はランダムである。このため、単結晶膜よりも大きな保磁力を有しており、更に、その保磁力程度の外部磁場を印加すると、各結晶粒の磁化方向が徐々に外部磁場に揃うため、急峻性がない。そのため、強磁性トンネル効果素子を構成する強磁性体として適していない。

【0010】しかしながら、SiO<sub>2</sub>等の非晶質基板上に形成された、基板面の法線方向には配向しているが面内方向には配向していない、1軸方向にのみ配向した多結晶ペロブスカイト酸化物磁性体膜は、単結晶膜と同等の小さな保磁力を有し、その保磁力以上の外部磁場により磁化方向が急峻に反転する矩形のヒステリシス特性を示す。従って、単結晶ペロブスカイト酸化物磁性体層上に、非晶質材料、多結晶材料またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶材料で構成されたトンネル障壁層、及び、1軸方向にのみ配向したペロブスカイト酸化物磁性体層を順次積層することで、高い障壁を有し、常温付近での動作を可能とする強磁性トンネル効果素子が得られる。

【0011】また、2つの強磁性体層の双方とも、1軸方向にのみ配向したペロブスカイト酸化物磁性体で構成することで、強磁性トンネル効果素子を、SiO<sub>2</sub>膜が形成されたシリコン基板上に形成することが可能となる。これにより、シリコン基板に形成された電子デバイ

スとのモノリシック集積が可能となり、例えば、シリコン基板に多数の強磁性トンネル効果素子をマトリックス状に配置した磁気メモリを構成することも可能である。

【0012】すなわち、本発明の磁気メモリは、複数の行方向配線と複数の列方向配線とからなるマトリックス配線と、それぞれ、上記本発明の強磁性トンネル効果素子を含み、かつ前記マトリックス配線の中の1本の行方向配線及び列方向配線と電気的に接続された複数のメモリセルとを有する。

10 【0013】ここで、上記メモリセルは、それぞれ強磁性トンネル効果素子に対応するスイッチング素子を有していてよい。

【0014】

【発明の実施の形態】まず、本発明の根幹となる、1軸方向に配向したペロブスカイト酸化物磁性体層に関し、ペロブスカイト酸化物磁性体であるLa<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜を非晶質SiO<sub>2</sub>上に形成する場合の作製方法の一例、及びその磁化特性について説明する。

【0015】La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜は、SiO<sub>2</sub>膜が上面に形成されたSi基板を500～700℃に加熱し、この状態で、レーザアブレーション法により、酸素雰囲気中でLa<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>の焼結体をターゲットとして、SiO<sub>2</sub>膜上に直接形成される。更に、La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜が形成されたSi基板に、空気中で700℃、1時間のポストアニールを加える。得られたLa<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜は、X線回折測定により、Si基板の法線方向には配向しているが面内方向には配向していない、1軸配向した多結晶であることが確認できた。

【0016】このLa<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜の、50Kにおける磁化特性を図5(a)に示す。図5(a)から分かるように、SiO<sub>2</sub>上の1軸配向したLa<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜は、外部磁場により急峻に磁化反転するとともに適度な保磁力を有しており、良好なヒステリシス特性を示している。

【0017】一方、図5(b)には、SiO<sub>2</sub>上に形成された無配向の多結晶La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜の磁化特性を示す。図5(b)から明らかなように、この膜は、外部磁場による磁化反転は緩やかであり、保磁力もかなり大きくなっている。更に、図5(c)は、800～1400℃程度の高い基板温度でSrTiO<sub>3</sub>(STO)基板上に形成した単結晶La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜の磁化特性であり、外部磁場により急峻に磁化反転するとともに適度な保磁力を有し、良好なヒステリシス特性を示している。以上の結果から、SiO<sub>2</sub>上に形成された1軸配向した多結晶La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜は、SrTiO<sub>3</sub>基板上にエピタキシャル成長させた単結晶La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>膜と同等の磁化率及びヒステリシス特性を有しており、強磁性トンネル効果素子の強磁性体層として適していると言える。

50 【0018】次に、上述した、SiO<sub>2</sub>上に形成された

1軸配向した多結晶 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 膜構造を有する強磁性トンネル効果素子について、図面を参照して説明する。

【0019】図1は、本発明の一実施形態である強磁性トンネル効果素子の構造を示す断面図である。

【0020】図1に示すように、STO基板11の上には、単結晶ペロブスカイト酸化物磁性体 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ からなる第1強磁性体薄膜13が形成されている。この第1強磁性体薄膜13の上面には、非晶質構造であるシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)からなるトンネル障壁層14が形成されており、更にこのトンネル障壁層14の上面に、1軸配向した多結晶ペロブスカイト酸化物磁性体である $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ からなる第2強磁性体薄膜15が形成されている。以上が、本実施形態の強磁性トンネル効果素子の基本構造である。

【0021】そして、この基本構造に対して更に、第1強磁性体薄膜13及び第2強磁性体薄膜15の相対的な磁化の向きに応じた抵抗の違いを検出するために、第2強磁性体薄膜15に接続する金属電極17と、第2強磁性体薄膜15及びトンネル障壁層14を貫通して第1強磁性体薄膜13に接続する金属電極18とが、それぞれSiO<sub>2</sub>からなる絶縁層16を介して設けられている。

【0022】次に、上述の強磁性トンネル効果素子の製造方法の一例について説明する。

【0023】まず、850°Cに加熱したSTO基板11上に、レーザアブレーション法により、単結晶 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ を100nmの膜厚で形成して第1強磁性体薄膜13を形成する。次いで、基板温度を500～650°Cに変え、非晶質SiO<sub>2</sub>からなる厚さ2nmのトンネル障壁層14、及び1軸配向した多結晶 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ からなる厚さ50nmの第2強磁性体薄膜15を順次形成する。

【0024】次に、絶縁層16及び金属電極17、18の形成のために、第2強磁性体薄膜15、トンネル障壁層14及び第1強磁性体薄膜13の一部をエッチングにより除去する。その後、空気中でポストアニールを行う。これにより、第2強磁性体薄膜15を構成する $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ は、STO基板11の上面に対し法線方向には配向するが面内方向には無配向で、かつ、良好な強磁性特性を持つようになる。

【0025】その後、第2強磁性体薄膜15、トンネル障壁層14及び第1強磁性体薄膜13の除去した部分に、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁層16を一般的なスパッタリング法により形成し、更に、フォトリソグラフィ技術を利用して、第2強磁性体薄膜15に接続する金属電極17、及び第1強磁性体薄膜13に接続する金属電極18を形成する。

【0026】これにより、金属電極17、18間に電圧を印加し、この状態で外部磁場により第1強磁性体薄膜13と第2強磁性体薄膜15との磁化の向きが平行ある

いは反平行と変化することで、流れる電流の大きさを変化させることができる強磁性トンネル効果素子が作製される。

【0027】以上述べたように、非晶質SiO<sub>2</sub>を、単結晶 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 膜と、1軸配向した多結晶 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 膜とで挟んだ構成とすることで、SiO<sub>2</sub>からなるトンネル障壁層は、STOからなるトンネル障壁層と比較して障壁が十分に高く、かつ絶縁性も優れているため、STOからなるトンネル障壁層では不可能であった、室温での動作が可能となる。

【0028】ここで、本実施形態の強磁性体トンネル効果素子の動作原理について、磁化の向きが平行の場合と、反平行の場合とに分けて説明する。

【0029】a) 磁化の向きが平行の場合

図2に、図1に示す強磁性体トンネル効果素子において第1強磁性体薄膜と第2強磁性体薄膜とが同一の向きに磁化した場合の電子の状態密度の模式図を示す。

【0030】第1強磁性体薄膜が図2に示す磁化方向Mに磁化されると、強磁性体の伝導帶は、交換相互作用により、アップスピンとダウ nsピンの2つの伝導帶201、202に分離する。図2は、この伝導帶の分離の様子を示している。ここで、電子エネルギーレベルの低い伝導帶201に存在する電子はアップスピン、電子エネルギーレベルの高い伝導帶202に存在する電子はダウ nsピンと定義される。すなわち、角運動量の向きが強磁性体の磁化方向Mと平行となる電子はアップスピン、角運動量の向きが強磁性体の磁化方向Mと反平行となる電子はダウ nsピンと定義される。

【0031】また、第2強磁性体薄膜が第1強磁性体薄膜と同一の磁化方向Mに磁化されると、エネルギーレベルE(eV)に対する電子の状態密度の分布曲線は、第1強磁性体薄膜のそれと全く同じになる。従って、第2強磁性体薄膜についても、アップスピンに対する伝導帶203及びダウ nsピンに対する伝導帶204の2つの伝導帶203、204に分離したエネルギー状態図を描くことができる。

【0032】いま、図1において、第2強磁性体薄膜15に接続した金属電極17側が負、第1強磁性体薄膜13に接続した金属電極18側が正となるように、両金属電極17、18間に電圧を印加したとする。電子が、第2強磁性体薄膜15から、トンネル障壁層14を介して第1強磁性体薄膜13へトンネルするとき、スピ n角運動量が保存されるのに伴い、スピ nの向きも保存される。そのため、第2強磁性体薄膜15中のアップスピンが取り得るエネルギーレベルが、第1強磁性体薄膜13にも存在しなければならない。第1強磁性体薄膜13と第2強磁性体薄膜15との磁化方向が平行のときは、図2に示すように、アップスピンの伝導帶202、203の中にフェルミレベルE<sub>F</sub>が存在するので、第2強磁性体薄膜15中のフェルミレベルE<sub>F</sub>にあるアップスピン

電子は、第1強磁性体薄膜13中の同一エネルギーレベルに遷移することができる。

【0033】b) 磁化の向きが反平行の場合

図3に、図1に示す強磁性体トンネル効果素子において第1強磁性体薄膜と第2強磁性体薄膜とが反対向きに磁化した場合の電子の状態密度の模式図を示す。

【0034】第2強磁性体薄膜の磁化方向M'が、図2に示す磁化方向Mと逆方向となると、交換相互作用によりエネルギーレベルの縮退が解けて、第2強磁性体薄膜の磁化方向M'と平行なスピントを持つ伝導帯203'と、反平行なスピントを持つ伝導帯204'が形成される。これらの伝導帯203'、204'のエネルギー状態は、磁化方向M'と反平行のスピントがアップスピント、磁化方向M'と平行のスピントがダウンドスピントとなるので、図3に示すように、エネルギー軸に対して右側がアップスピント、左側がダウンドスピントのエネルギー状態となる。

【0035】一方、第1強磁性体薄膜は、図2に示した状態と同じであるので、このときの第1強磁性体薄膜の伝導帯201、202のエネルギー状態は、図2と同じに描かれる。

【0036】ここで、図1において、磁化の向きが平行の場合と同様に、金属電極17、18間に電圧を印加したとする。電子が、第2強磁性体薄膜15から、トンネル障壁層14を介して第1強磁性体薄膜13へトンネルするとき、スピント運動量が保存されるのに伴い、スピントの向きも保存されなければならない。そのため、第2強磁性体薄膜15中のアップスピントが取り得るエネルギーレベルが、第1強磁性体薄膜13にも存在しなければならない。しかし、第1強磁性体薄膜13と第2強磁性体薄膜15との磁化方向が反平行のときは、図3に示すように、第1強磁性体薄膜13ではアップスピント電子の伝導帯202の中にフェルミレベルE\_Fが存在しているが、第2強磁性体薄膜15ではアップスピント電子の伝導帯204'の中にフェルミレベルE\_Fが存在していないので、アップスピント電子はトンネル障壁層をトンネルすることができない。その結果、障壁抵抗が増大する。

【0037】従って、外部磁場によって第1強磁性薄膜13と第2強磁性薄膜15との相対的な磁化方向が平行・反平行となることに対応して、大きな抵抗変化を有する強磁性トンネル効果素子が実現される。

【0038】本実施形態では、トンネル障壁層を非晶質SiO<sub>2</sub>で構成した例を示したが、それに限らず、多結晶材料またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶材料で構成することもできる。その具体的な材料としては、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、または窒化ホウ素等が挙げられる。また、STO基板11上に、単結晶ペロブスカイト酸化物磁性体からなる第1強磁性体薄膜13を形成した例を示したが、第1強磁性体薄膜13も第2強磁性体薄膜1

5と同様に1軸配向したペロブスカイト酸化物磁性体で構成すれば、第1強磁性体薄膜を、SiO<sub>2</sub>膜が上面に形成されたシリコン基板上に形成することもできる。この構成によれば、シリコンデバイスと強磁性トンネル効果素子との融合が実現される。また、シリコン基板上に強磁性トンネル効果素子を構成することで、素子特性の均一化、及び素子の高密度集積化が可能となる。

【0039】1軸配向したペロブスカイト酸化物磁性体は、その他にも、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、または窒化ホウ素からなる、非晶質膜、多結晶膜、またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶膜上にも形成可能であり、従って、シリコン基板に代えて、GaAs、InP、SiC等の半導体基板、多結晶基板、及びガラス基板上にも形成することができる。

【0040】図4に、図1に示す強磁性トンネル効果素子を用いた不揮発記憶メモリ(MRAM)の一部の回路図を示す。

【0041】図4に示すように、複数の列方向配線であるワード線WL及び複数の行方向配線であるピット線BL(図4では1本のみ示す)がマトリックス状に配線されている。強磁性トンネル効果素子20は、これらワード線WLとピット線BLとの交点に配置されており、一方の電極が、スイッチング素子として用いられるMOSFET(MOS型電界効果トランジスタ)21を介してワード線WLと電気的に接続され、他方の電極がピット線BLと電気的に接続されている。これら強磁性トンネル効果素子20、MOSFET21、ワード線WL、及びピット線BL等は、シリコン基板上に形成されている。

【0042】強磁性トンネル効果素子20とMOSFET21とで1セルが構成されており、図4には2セル分が描かれていることになる。

【0043】このメモリへのデータの書き込みは、書き込みを行うセルが属するワード線WL及びピット線BLに電流を流し、この電流が作る合成磁場によって強磁性トンネル効果素子20の磁化の向きを反転させることによって行う。また、書き込まれたデータの読み出しあは、読み出したいセルのみワード線WL及びピット線BLをバイアスし、他は接地電位とすることで、バイアスされたピット線BL上に生じる電流信号を取り出すことによって行うことができる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、トンネル障壁層を、非晶質材料、多結晶材料、またはペロブスカイト結晶構造を持たない単結晶材料で構成し、かつ、このトンネル障壁層を挟む2つの強磁性体層の少なくとも一方を、1軸方向にのみ配向したペロブスカイト酸化物磁性体で構成することで、STOのトンネル障壁層では不可能であった、室温付近での動作が可能となつた。特に、2つの強磁性体層とも1軸方向にのみ配向し

たペロブスカイト酸化物磁性体で構成することで、強磁性トンネル効果素子をシリコン基板上に作製することができ、シリコンデバイスと強磁性トンネル効果素子とを融合することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である強磁性トンネル効果素子の構造を示す断面図である。

【図2】図1に示す強磁性体トンネル効果素子において、第1強磁性体薄膜と第2強磁性体薄膜とが同一の向きに磁化した場合の電子の状態密度の模式図である。

【図3】図1に示す強磁性体トンネル効果素子において、第1強磁性体薄膜と第2強磁性体薄膜とが反対向きに磁化した場合の電子の状態密度の模式図である。

【図4】図1に示す強磁性トンネル効果素子を用いた不揮発磁気メモリ(MRAM)の一部の回路図である。

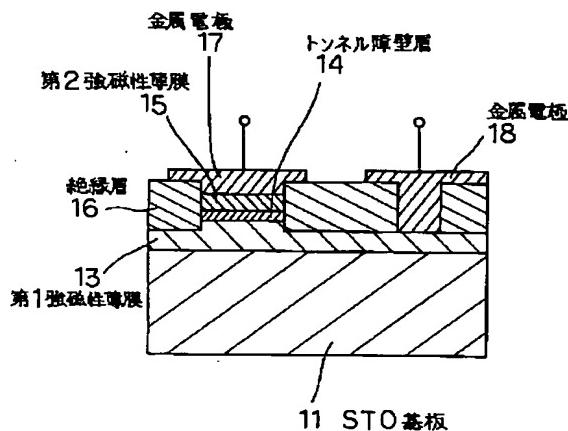
【図5】 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 膜の磁化特性を示すグラフであり、同図(a)は、 $\text{SiO}_2$ 上に形成した1軸配

向多結晶  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  膜の磁化特性、同図(b)は、 $\text{SiO}_2$  上に形成した無配向  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  膜の磁化特性、同図(c)は、STO基板上にエピタキシャル成長させた単結晶  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  膜膜の磁化特性をそれぞれ示す。

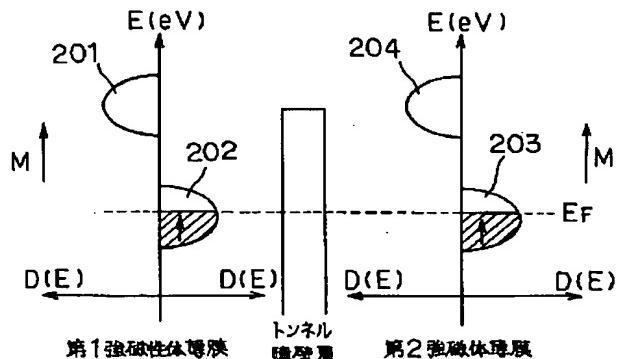
#### 【符号の説明】

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| 11                             | STO基板                   |
| 13                             | 第1強磁性薄膜                 |
| 14                             | トンネル障壁層                 |
| 15                             | 第2強磁性薄膜                 |
| 16                             | 絶縁層                     |
| 17                             | 金属電極                    |
| 18                             | 金属電極                    |
| 10                             | 15 第2強磁性薄膜              |
| 16                             | 絶縁層                     |
| 17, 18                         | 金属電極                    |
| 20                             | 強磁性トンネル効果素子             |
| 21                             | MOSFET (MOS型電界効果トランジスタ) |
| 201, 202, 203, 203', 204, 204' | 伝導帶                     |

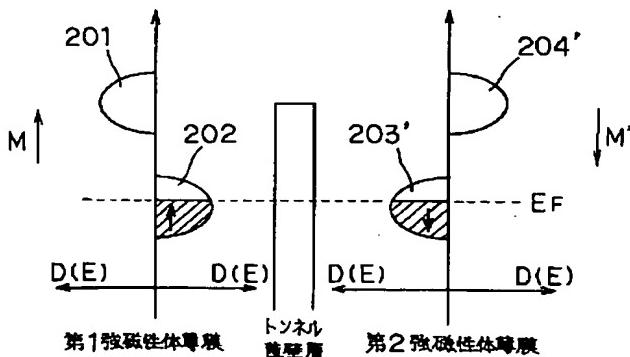
【図1】



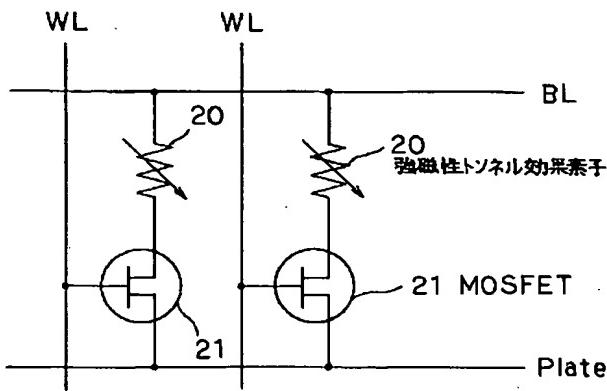
【図2】



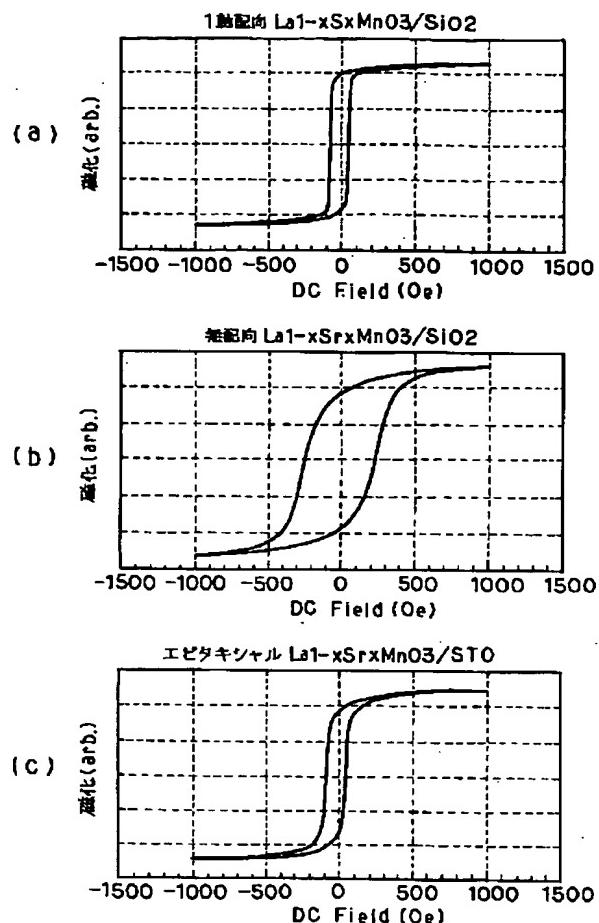
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 寺本 洋二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

F ターム(参考) 5D034 BA04 BA05 BA21 CA08 DA07

5E049 AA10 AC01 BA11 CB02 DB02  
DB12